

родючості ґрунтів України, їх екологія, охорона, моніторинг в умовах земельної реформи: Зб. наук. пр./Харьк. держ. аграр. ун-т. Харків, 1996. С.84-91.

УДК 631.4:631.95

Н.М.Гаджиева

Харьковский государственный аграрный университет

КИСЛЫЕ ОСАДКИ: ИХ СОСТАВ И ВЛИЯНИЕ НА ПОЧВУ

На пороге нового тысячелетия одной из серьезнейших проблем человечества остается экологическая. Бурное развитие промышленности сопровождается нарастающим загрязнением воздушного бассейна Земли газами и аэрозолями антропогенного происхождения. Попадая в атмосферу, многие соединения (серы, азота, галогенопроизводных и др.) подвергаются химическим и фотохимическим превращениям с участием компонентов воздуха, а конечные продукты этих превращений попадают на поверхность Земли в виде осадков. Большинство этих осадков имеет кислотный характер [1].

Появление кислых дождей было отмечено после создания Европейской Химической Системы в 50-х годах [2]. Эта проблема возникла прежде всего в Норвегии и Швеции, где преобладающие ветры с юга приносят загрязнения из Европы. В этих странах создана система контроля за химическим составом окружающей среды. Аналогичные исследования успешно проводятся в США, Канаде, Японии и других развитых странах [1,3,7-10].

За годы наблюдений наибольший показатель кислотности (рН 2,25) был установлен в 1981 г. в Китае в районе с сильным загрязнением воздуха [4].

Кислотные дожди приводят к гибели лесов, отрицательно влияют на растительный и животный мир оксанов, озер, рек и других пресноводных водоемов. Огромны ежегодные потери в сельском хозяйстве, связанные с последствиями таких осадков. Так, в некоторых районах Великобритании урожай сельскохозяйственных культур в результате выпадения кислотных дождей снижается на 10%, а в США ущерб, наносимый такими дождями, оценивается тысячами долларов в год [5].

Как известно, воздушный бассейн не имеет границ, массы воздуха движутся в различных направлениях и переносят выбро-

сы промышленных предприятий на большие расстояния. На химический состав атмосферных осадков, выпадающих на территории Украины, существенное влияние оказывают промышленные примеси, попадающие в результате атмосферной циркуляции в ее пределы из стран Западной Европы, Южной, Юго-Западной и Центральной Азии, а также с территории России, Казахстана и Средней Азии [6].

Для местностей, расположенных вблизи крупных промышленных предприятий, концентрация загрязнений в атмосфере может быть весьма значительной. Вследствие этого в воздушной среде образуются очаги сильно загрязненного воздуха, оказывающие в локальных масштабах большое влияние на природу и продуктивность сельскохозяйственных культур.

В 1993 г. на кафедре агрохимии Харьковского ГАУ нами были начаты исследования по изучению химического состава и кислотности осадков, выпадающих на территории опытного поля ХГАУ, расположенного вблизи крупного промышленного центра Украины - города Харькова, где сосредоточено свыше 200 заводов и фабрик. В программу исследований было включено также изучение влияния кислых осадков на некоторые агрохимические показатели чернозема типичного в условиях лабораторного эксперимента.

В соответствии с программой исследований в мае-августе 1993-1995 гг. были собраны и проанализированы отдельные пробы всех дождевых осадков, независимо от нормы выпадения. Для сбора дождевых осадков использовали стеклянные емкости с суммарной площадью приема около 1 м^2 , установленные в трех местах на расстоянии 2 м друг от друга. Все осадкоприемники ежедневно мыли дистиллированной водой.

Отбираемые после дождей пробы осадков анализировали на содержание в них Cl^- (с AgNO_3 по Мору), SO_4^{2-} (с BaCl_2 весовым методом), NO_3^- (колориметрическим методом с дисульфифеноловой кислотой), NH_4^+ (колориметрическим методом с реактивом Несслера), K^+ (пламеннофотометрическим методом); pH определяли потенциометрически.

Влияние кислых осадков на агрохимические показатели чернозема типичного изучали в модельном опыте. Для закладки опыта почва была отобрана с пахотного слоя на контрольной делянке полевого опыта. Почву довели до воздушносухого состояния и для придания однородности просеяли через сито с диаметром отверстий 5 мм. Средний почвенный образец имел сле-

дующие агрохимические показатели: NH_4^+ (по Корнфилду)-15 мг/100 г почвы; P_2O_5 и K_2O (по Чирикову) - соответственно 15,2 и 21,2 мг/100 г почвы; H_+ (по Каппену)-3,6 мэкв на 100 г почвы.

Опыт проводили в пластиковых сосудах с сужающейся нижней частью и отверстием. Диаметр сосуда 10 см, высота ровной части 7 см. Сосуды были обеспечены дренажем для создания оптимального режима аэрации и улучшения стока воды. Масса почвы в сосуде 300 г.

Искусственные осадки с рН 5,0; 4,0; 3,0 создавали на основе соляной кислоты. Почву контрольного варианта обрабатывали дистиллированной водой. Повторность каждого варианта воздействия - трехкратная. Разовый полив имитировал среднемесячную норму осадков для данного региона - 42 мм. Всего было произведено пять поливов с недельным интервалом между ними. В каждом фильтрате определяли концентрацию нитратного и аммонийного азота. По завершении опыта в подготовленных для анализа почвенных образцах определяли показатель гидролитической кислотности (по Каппену) и нитрификационную способность (по Кравкову в модификации Почвенного института им. В.В.Докучаева).

Для изучения интенсивности вытеснения кальция и калия из почвы под воздействием растворов с различной кислотностью (рН 5,0; 4,0; 3,0; 2,0 и дистиллированная вода) по 10 г почвы, просеянной через сито с диаметром отверстий 1 мм, промывали на воронке с фильтром кислыми растворами при соотношении почва-раствор 1:5. Повторность каждого варианта воздействия - трехкратная. Всего было произведено по пять обработок.

За весь период наблюдений максимальное количество осадков (82% среднегодовой нормы) выпало в мае-августе 1993 г., почти в два раза превысив средний многолетний показатель за такой же период. В 1994 и 1995 гг. количество осадков за эти же месяцы было более чем в два раза меньшим, чем в 1993 г. (табл.1).

1. Химический состав дождевых осадков по годам, мг/л (1.05-31.08)

Год	Количество осадков, мм	рН осадков	NO_3^-	NH_4^+	Cl^-	SO_4^{2-}	K^+
1993	404,1	4,0-6,0	0,04-1,02	1,41-5,12	16-100	0-300	0,53-3,80
1994	175,1	4,0-5,0	1,61-12,60	1,85-9,58	Не опред.	63-413	0,93-4,22
1995	153,3	4,8-6,0	1,60-6,90	1,45-10,20	Не опред.	66-391	0,42-3,49

Распределение осадков по месяцам было крайне неоднородным. В 1993 г. их максимальное количество наблюдалось в августе - 165 мм, что составило 41% от количества осадков, выпавших за четыре месяца наблюдений. В 1994 г., как и в 1995 г., наиболее обильными осадки были в мае и июне.

Интенсивность осадков в весенне-летний период колебалась от 0,3 до 45,4 мм в сутки при показателе кислотности от 4,0 до 6,0 единиц. Прямой зависимости между количеством осадков и их кислотностью не установлено. Так, 7, 11 и 22 мая 1995 г. выпало по 0,3 мм дождевых осадков в сутки, однако они имели рН соответственно 5,0; 4,8; 6,0 единиц. Между концентрацией отдельных ионов в дождевых пробах и их суточной нормой прямой связи также не наблюдалось. Что касается количественных характеристик содержания определяемых ионов, то максимальная концентрация установлена для сульфат-иона (табл.1). Его содержание в некоторых осадках доходило до 413 мг/л. Азот в атмосферных осадках присутствовал как в нитратной, так и в аммонийной форме.

Данные о поступлении различных ионов с осадками в почву представлены в табл.2. В 1993 г. наибольшее количество хлора попало в почву в мае, хотя осадков в этом месяце выпало в несколько раз меньше месячной нормы за период июнь-август. За три года наблюдений максимальное поступление сульфат-ионов с осадками в почву отмечено в мае 1994 г., минимальное - в августе 1993 г.

Поступление элементарного азота в почву с дождевыми осадками за счет нитратной формы колебалось от 0,2 до 2,9, а за счет аммонийной - от 0,4 до 6,6 кг/га в месяц. Аммонийный азот поступал с осадками в значительно больших количествах, чем нитратный.

**2. Поступление ионов в почву с дождевыми осадками в мае-августе
1993-1995 гг. (опытное поле ХГАУ)**

Месяц	Год	Количество дождливых дней	Количество осадков, мм	Поступило в почву, кг/га				
				Анионы			Катионы	
				Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺
Май	1993	6	40,2	29,18	38,72	0,23	1,35	1,04
	1994	13	86,4	Не опр.	257,10	2,91	3,80	1,83
	1995	9	18,6	-"	36,60	0,57	0,40	0,26
В среднем			48,4	-"	11,47	1,24	1,85	1,04
Июнь	1993	14	109,1	9,55	8,99	0,56	1,56	1,45
	1994	9	47,4	Не опр.	70,21	1,11	1,84	0,98
	1995	13	87,0	-"	124,09	2,45	6,61	0,61
В среднем			81,2	-"	67,76	1,37	3,34	1,01
Июль	1993	13	89,8	9,03	14,65	0,45	0,73	0,76
	1994	4	20,1	Не опр.	45,71	1,73	1,34	0,36
	1995	7	16,7	-"	32,29	0,79	0,58	0,28
В среднем			42,2	-"	30,88	0,99	0,88	0,47
Август	1993	12	165,0	19,00	7,43	0,23	0,42	0,94
	1994	8	21,2	Не опр.	55,05	0,87	0,53	0,32
	1995	8	31,0	-"	58,85	1,25	1,58	0,41
В среднем			72,4	-"	40,44	0,78	0,84	0,56

Проведенное в условиях модельного опыта исследование влияния кислотных обработок на содержание нитратного и аммонийного азота почвы показало его зависимость от уровня кислотности осадков (табл.3). Исходное содержание нитратного азота в почвах всех вариантов было одинаковым и составляло 10,2-10,40 мг/100 г почвы. Однако после первого воздействия кислыми растворами его количество резко уменьшилось (с 3,05 мг/100 г на контроле до 0,85 мг при воздействии осадков с рН 3,0).

За весь период проведения опыта (35 дней) максимальное накопление нитратного азота (16,0 мг/100 г почвы) отмечено в почве, которая обрабатывалась дистиллированной водой. При обработке почвы раствором с рН 3,0 его содержание снизилось до 11,7 мг/100 г почвы за счет явного подавления процесса нитрификации. Влияние менее кислых осадков на нитрификационную способность почвы было незначительным.

Содержание аммонийного азота в водорастворимой форме в исходной почве было очень низким (табл.3); существенных изменений за время проведения опыта не произошло.

3. Вымывание нитратного и аммонийного азота из почвы под воздействием имитированных кислых осадков (модельный опыт)

Вариант	Последовательная обработка среднемесячной нормой осадков					
	1	2	3	4	5	Сумма
Дистиллированная вода; рН 5,7	10,35 ⁺	3,05	1,25	0,80	0,55	16,00
	0,53 ⁻	0,48	0,50	0,44	0,29	2,24
рН 5,0	10,40	2,15	1,55	0,40	0,20	14,70
	0,49	0,51	0,42	0,53	0,45	2,40
рН 4,0	10,20	2,20	0,40	0,40	0,15	13,35
	0,43	0,44	0,55	0,62	0,02	2,06
рН 3,0	10,25	0,85	0,30	0,20	0,10	11,70
	0,41	0,32	0,27	0,36	0,02	1,38

⁺NO₃ мг/100 г почвы; ⁻NH₄⁺ мг/кг почвы.

Кислые осадки, как и дистиллированная вода, способствовали выщелачиванию катионов кальция и калия из почвы (табл.4). Вытесняющая способность осадков с рН 4-5 находилась примерно в одинаковых с дистиллированной водой пределах. При увеличении кислотности на единицу интенсивность вытеснения кальция резко возрастала. В частности пятью последовательными обработками кислым раствором с рН 3,0 из почвы вытеснилось 43,2 мг кальция, в то время как для дистиллированной воды этот показатель составил 22,8 мг/100 г почвы. Осадки с рН 2,0 способны вытеснить 70% всего поглощенного кальция почвы, определяемого в 0,01 н вытяжке и составляющего для данной почвы 450 мг/100 г.

Интенсивность вытеснения калия из почвы под воздействием дистиллированной воды и растворов с рН 3-5 была незначительной (табл.4). Увеличение кислотности раствора до рН 2,0 привело к значительному усилению процесса выщелачивания. Потери калия из почвы при последовательной обработке почвы таким раствором составили 16,0 мг (при 4,9 мг/100 г почвы на контроле).

Кислые осадки оказывают непосредственное влияние на показатели кислотности почвы. В наших опытах длительное воздействие раствора с рН 3,0 способствовало повышению величины гидролитической кислотности почвы с 3,60 до 3,89 мэкв/100 г

почвы. Менее кислые осадки не приводили к ее увеличению в условиях чернозема типичного, что объясняется высокой буферной способностью этой почвы.

4. Интенсивность вытеснения кальция (в числителе) и калия (в знаменателе) из почвы кислыми растворами, мг/100 г почвы

рН раствора	Последовательные вытяжки					Сумма
	1	2	3	4	5	
Дистиллированная вода; рН 5,7	10,5	5,1	2,5	2,7	2,0	22,8
	0,9	1,1	0,7	1,6	0,6	4,9
рН 5,0	10,6	4,7	2,9	2,6	2,2	23,0
	0,9	1,2	1,0	2,1	0,6	5,8
рН 4,0	11,4	5,3	3,0	2,7	2,6	25,0
	1,0	1,4	1,3	2,1	0,6	6,4
рН 3,0	12,6	8,9	6,6	5,2	3,0	43,3
	1,6	1,4	1,2	1,5	0,6	6,3
рН 2,0	87,4	79,4	57,3	50,3	45,9	320,3
	3,8	3,6	3,1	3,1	2,4	16,0

Библиографический список: 1. Израэль Ю.А., Назаров И.М. и др. Кислотные дожди. Л.: Гидрометеоиздат, 1989. 2. Рэуде К., Кырстя С. Борьба с загрязнением почвы. М.: Агропромиздат, 1986. 3. Литкенс Е.С. Служба кислотных осадков // Природа. 1994. № 6. С.84-85. 4. Хорват Л. Кислотный дождь. М.: Стройиздат, 1990. 5. Ямчук К.Т. Некоторые тенденции в развитии научных исследований в сельском хозяйстве и за рубежом. М.: Агропромиздат, 1985. 6. Природа Украинской ССР. Климат / В.Н.Бабиченко и др. Киев: Наук.думка, 1984. 7. Acidification research in Finland // Review of the results of the Finnish Acidification Research Programme (HAPRO). 1985-1990. Helsinki, 1991. 48 p. 8. Acidification today and tomorrow // A Swedish study prepared for the 1982 Stockholm conference on the acidification of the environment. 1982. 231 p. 9. Reuss J.O., Johnson D.W. Acid deposition and the acidification of soils and waters // Ecological studies Series N 59. Springer-Verlag. New-York, 1986. 114 p. 10. Wisniewcki J., Keitz T. Acid rain deposition patterns in the continental United States // Water, Air, Soil Pollut. 1983. V.19. P.327-339.